



Tonguino-Rosero, S; Vergara-González, M; Florez-Idarraga, A; Correa-Giron, A. (2026). Relación entre la capacidad aeróbica funcional, la actividad física y la movilidad torácica en niños sanos. *Journal of Sport and Health Research*. 18(2):149-159. <https://doi.org/10.58727/jshr.109746>

Original

RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD AERÓBICA FUNCIONAL, LA ACTIVIDAD FÍSICA Y LA MOVILIDAD TORÁCICA EN NIÑOS SANOS

RELATIONSHIP BETWEEN FUNCTIONAL AEROBIC CAPACITY, PHYSICAL ACTIVITY AND THORACIC MOBILITY IN HEALTHY CHILDREN

Tonguino-Rosero, Stefanie^{1,2}; Vergara-González, Maria^{1,2}; Florez-Idarraga, Alejandro²; Correa-Giron, Alejandro²

¹Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali, Colombia

²Facultad de Salud y Rehabilitación, Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte, Cali, Colombia

Correspondence to:

Author Vergara-González, Maria

Institution: Universidad del Valle

Address: Calle 4B No 36-00

Email:

maria.mar.vergara@correounivalle.edu.co

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
Martos (Spain)*



editor@journalshr.com

Received: 04/09/2024

Accepted: 18/02/2025



RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD AERÓBICA FUNCIONAL, LA ACTIVIDAD FÍSICA Y LA MOVILIDAD TORÁCICA EN NIÑOS SANOS

RESUMEN

Objetivo: analizar la correlación entre la capacidad aeróbica funcional, la actividad física y la movilidad torácica en una población de niños sanos entre 8 y 11 años de Cali - Colombia. Material y métodos: estudio descriptivo correlacional. Se incluyeron niños sanos entre 8 y 11 años de un colegio de Cali – Colombia. Se midió la movilidad torácica con la cirtometría axilar y xifoidea, el nivel de actividad física con el PAQ-C y la capacidad aeróbica funcional con el test de caminata de 6 minutos (TC6M). Se tomaron las medidas antropométricas peso, talla e IMC para la edad. La correlación se consideró muy débil si r o r_s era $< 0,30$, débil con r o r_s entre $0,30$ y $0,50$, moderada con r o r_s entre $0,50$ y $0,70$, y buena con r o r_s $>0,70$. Resultados: La edad media fue de $9,6 (\pm 1,1)$, un $71,2\%$ de sexo femenino y con IMC en normopeso para la edad del $50,7\%$. La media de cirtometría axilar fue de $6,0 (\pm 2)$ cm y xifoidea $5,7 (\pm 1,8)$. La cirtometría fue mayor en las niñas, con un promedio de cirtometría axilar de $6,7(\pm 1,6)$ cm vs. $4,0(\pm 1,7)$ cm en niños y cirtometría xifoidea de $5,9 (\pm 1,6)$ cm en niñas vs. $4,2 (\pm 1,1)$ en niños ($p= 0,000$ y $p= 0,000$ respectivamente). El nivel de actividad física (NAF) tuvo un promedio de $3,1 (\pm 0,7)$ y TC6M de $576,2 (\pm 52,8)$ metros recorridos. La distancia recorrida en el TC6M tuvo una correlación directa y significativa con la cirtometría xifoidea ($r_s = 0,31$; $p= 0,007$). Conclusiones: las niñas tenían una movilidad torácica superior a los niños. La distancia recorrida en el TC6M tuvo una correlación directa y significativa con la cirtometría xifoidea.

Palabras clave: Tórax; pared torácica; técnicas diagnósticas; niño, capacidad de ejercicio

RELATIONSHIP BETWEEN FUNCTIONAL AEROBIC CAPACITY, PHYSICAL ACTIVITY AND THORACIC MOBILITY IN HEALTHY CHILDREN

ABSTRACT

Objective: to analyze the correlation between functional aerobic capacity, physical activity and thoracic mobility in a population of healthy children between 8 and 11 years old in Cali - Colombia. Methods: descriptive correlational study. Healthy children between 8 and 11 years old from a school in Cali - Colombia were included. Thoracic mobility was measured with axillary and xiphoid cirtometry, physical activity level with PAQ-C and functional aerobic capacity with the 6-minute walk test (TC6M). Anthropometric measures weight, height and BMI for age were taken. The correlation was considered very weak if r o r_s was < 0.30 , weak with r o r_s between 0.30 and 0.50 , moderate with r o r_s between 0.50 and 0.70 , and good with r o r_s >0.70 . Results: The mean age was $9.6 (\pm 1.1)$, 71.2% were female and their BMI was 50.7% normal weight for age. Mean axillary cirtometry was $6.0 (\pm 2)$ cm and xiphoid $5.7 (\pm 1.8)$ cm. Cirtometry was higher in girls, with mean axillary cirtometry of $6.7(\pm 1.6)$ cm vs. $4.0(\pm 1.7)$ cm in boys and xiphoid cirtometry of $5.9 (\pm 1.6)$ cm in girls vs. $4.2 (\pm 1.1)$ in boys ($p= 0.000$ and $p= 0.000$ respectively). The level of physical activity (NAF) had an average of $3.1 (\pm 0.7)$ and TC6M of $576.2 (\pm 52.8)$ meters run. The distance covered in TC6M had a direct and significant correlation with xiphoid cirtometry ($r_s = 0.31$; $p= 0.007$). Conclusions: girls had superior thoracic mobility than boys. The distance covered in the TC6M had a direct and significant correlation with xiphoid cirtometry.

Keywords: Chest; chest wall; diagnostic techniques; child; exercise capacity.



INTRODUCCIÓN

La movilidad torácica y la capacidad aeróbica funcional son variables que están ligadas al desarrollo pulmonar y a la función pulmonar del infante. El desarrollo de estas aptitudes tiene un impacto directo en la calidad de vida, ya que refleja la capacidad para realizar actividades de la vida diaria (Li et al., 2005).

En la práctica clínica de la fisioterapia cardiopulmonar, el estudio de la función pulmonar mediante el uso de pruebas válidas y fiables es esencial para el diagnóstico, evaluación y seguimiento de las disfunciones respiratorias, y proporciona información objetiva para la toma de decisiones (Prado, Marrón, y Pérez-Yarza, 2017).

La cirtometría hace parte de las mediciones de la función pulmonar y evalúa la movilidad torácica durante los movimientos respiratorios a nivel axilar y xifoideo (Caldeira et al., 2007). En la medición se solicita al paciente que realice una espiración máxima seguida de una inspiración máxima y se registra la diferencia en centímetros en cada nivel anatómico (Costa Oliveira KM, Fernandes de Macêdo TM, y R Oliveira Borja, 2011). Es una prueba sencilla y de bajo costo, con una buena confiabilidad interevaluador, intraevaluador y test-retest (Bockenbauer, Chen, Julliard, y Weedon, 2007; Caldeira et al., 2007; Malaguti C, Rondelli RR, Souza LM, Domingues M, y Dal Corso S, 2009), que ha sido utilizada en distintas investigaciones para evaluar la movilidad torácica en niños sanos (Tonguino-Rosero, Rosero-Carvajal, y Betancourt-Peña, 2020; Tonguino-Rosero, Rosero-Carvajal, y Mondragón-Gómez, 2019), además con enfermedades respiratorias (Malaguti C et al., 2009), enfermedades neuromusculares y hematológicas (Costa Oliveira KM et al., 2011; García Júnior et al., 2013).

Por otra parte, la actividad física (AF) y una buena capacidad aeróbica funcional en niños y adolescentes, se ha asociado con mejorías en las capacidades y volúmenes pulmonares (Alvarez-Pitti et al., 2020; Castañeda-Vázquez C, Corral-Pernía, J.A., y Chacón-Borrego, F., 2020; Dimitri, Joshi, y Jones, 2020), además, han sido reconocidas como estrategias clave para la prevención de enfermedades crónicas (Castañeda-Vázquez C et al., 2020), y coadyuvantes

para el control y tratamiento de enfermedades pulmonares en la infancia como el asma (Alvarez-Pitti et al., 2020; Dimitri et al., 2020).

La AF regular en los infantes tiene efectos positivos a nivel pulmonar como la mejora de las propiedades conductoras de las grandes y pequeñas vías respiratorias, además de los incrementos en los volúmenes pulmonares y en la capacidad aeróbica funcional (Jing et al., 2023), a pesar de esto, los niveles de AF en la población pediátrica y adolescente a nivel mundial son bajos. Específicamente en Colombia, en el 2018, solo el 15,2% de los escolares cumplieron con las recomendaciones de AF y se observó un elevado sedentarismo (46,3%) (Méndez Paz, Tonguino, y Ortega, 2023).

Estudios previos han analizado que la capacidad aeróbica funcional medida con el Test de caminata de 6 minutos (TC6M) en adultos (Padkao y Boonla, 2020) tiene una correlación directa y significativa con la movilidad torácica. Pese a lo anterior, sobre la relación entre la movilidad torácica y la capacidad aeróbica en niños sanos la literatura es escasa. En esta población se conoce que, los resultados de la movilidad torácica pueden variar por los cambios propios del desarrollo del sistema respiratorio, al igual que por variables como el sexo, la edad, la talla e incluso varía entre poblaciones de diferentes países (Simon y Carpes, 2006).

La relación entre la movilidad torácica y la capacidad aeróbica funcional cobra mayor relevancia al considerar el nivel de AF en los niños, dado que esta variable podría influir en ambas capacidades. Los niños con altos niveles de AF podrían demostrar mejorías en la capacidad aeróbica y movilidad torácica debido a la mejora del acondicionamiento cardiovascular. Identificar estas correlaciones permite no solo comprender la función pulmonar en la infancia, sino también diseñar programas de fisioterapia que incluyan ejercicios específicos para mejorar la movilidad torácica, promover la AF y optimizar la capacidad aeróbica.

El propósito de este estudio fue analizar la correlación entre la capacidad aeróbica funcional, la AF y la movilidad torácica en una población de niños sanos entre 8 y 11 años de Cali – Colombia.



MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio descriptivo de corte transversal, realizado entre los meses de enero y mayo de 2018. La población del estudio fueron 73 niños sanos de un colegio de Cali (Colombia), elegido por estar ubicado en una de las zonas más grandes y representativas socio demográficamente de la ciudad. La selección de la muestra fue no probabilística por conveniencia debido a que la población universo no fue lo suficientemente amplia para determinar un tamaño de muestra.

Participantes

Los criterios de inclusión fueron: niños sanos, de ambos sexos, con edad entre 8 y 11 años cuyos acudientes firmaron de manera voluntaria el consentimiento informado y los niños el asentimiento. Los criterios de exclusión fueron niños que presentaron enfermedades pulmonares crónicas con episodio de hospitalización reciente, deformidades evidentes de tórax, enfermedad neuromuscular, antecedentes de cirugías torácicas o traumas recientes en vías respiratorias superiores, tórax y abdomen y aquellos niños que no completaran las mediciones.

Instrumentos de medición

Para la detección del historial de enfermedades clínicas respiratorias, el acudiente diligenció un cuestionario relacionado a las condiciones sociodemográficas y presencia de antecedentes que se mencionan en los criterios de exclusión. Se midió el peso y la altura, por medio de una báscula mecánica marca Recovery® calibrada y tallímetro marca LORD® LDC-338, con lo cual se calculó el índice de Masa Corporal (IMC) como peso/talla² (kg/m²); de igual manera se determinó el IMC para la edad clasificando a los niños en las categorías de obesidad, sobrepeso, normopeso, delgadez y severa delgadez, de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Organización Mundial de la Salud, 2008; World Health Organization, 2024).

La movilidad torácica se evaluó mediante la cirtometría con una cinta métrica LORD® LDC-338 siguiendo el protocolo de Bockenhauer SE et al. (Bockenhauer et al., 2007), dicha medición ha

demostrado ser una prueba sencilla y de bajo costo, que ha demostrado buena confiabilidad interevaluador. (variabilidad de 1,2 a 5,8%) (Bockenhauer et al., 2007).

Se realizó el TC6M estandarizada por la American Thoracic Society (American Thoracic Society, 2002; Holland et al., 2014), el cual evalúa de forma integrada la capacidad aeróbica funcional. Su propósito es medir la distancia recorrida en terreno plano a lo largo de un pasillo de 30 metros al ritmo que marca el paciente durante 6 minutos, y se evaluó la percepción de disnea con la escala de Borg (American Thoracic Society, 2002; Holland et al., 2014). La prueba cumple con los criterios de validez y confiabilidad tanto en niños sanos, como en niños con patologías cardiopulmonares (Gatica et al., 2012; Li et al., 2005).

Por último, para analizar el nivel de AF de los niños se utilizó el PAQ-C (The Physical Activity Questionnaire for Children) con confiabilidad test-retest reportada y validada en Colombia (Herazo-Beltrán, 2012). Además, es un instrumento subjetivo que complementa nuestro estudio junto con la prueba de capacidad aeróbica funcional (TC6M). El PAQ-C, es útil para clasificar la AF de los niños de moderado a vigoroso en los últimos 7 días durante el año escolar, siguiendo las recomendaciones internacionales de AF. Para poder establecer una graduación en el nivel de AF, el cuestionario muestra una puntuación global de 1 a 5, además permite conocer en qué momentos del día y la semana los niños son activos o inactivos, e incluye preguntas relativas a la práctica AF extraescolar, AF realizada en la clase de educación física y fuera del horario escolar (Herazo-Beltrán, 2012).

Descripción de los procedimientos

Se realizó la prueba piloto a 4 niños que compartían características similares a las requeridas para el estudio con el objetivo de mejorar la calidad de los datos y minimizar el impacto que podría tener el sesgo de memoria en la población infantil. Además, después de esta prueba se adecuaron los formatos de recolección de datos para facilitar el acceso a la información.

Para la convocatoria de los participantes se estableció contacto con las directivas del colegio y acudientes



de los niños para darles a conocer el propósito de la investigación, y para la lectura y firma del consentimiento informado. Un fisioterapeuta especialista cardiopulmonar realizó las mediciones en las instalaciones del colegio en el tiempo de descanso de las actividades académicas. El cuestionario relacionado a las condiciones sociodemográficas y presencia de antecedentes patológicos del participante, fue diligenciado por cada acudiente. La medición del peso y la talla se realizó a cada participante en ropa ligera y sin zapatos. Para la medición del peso, cada sujeto se ubicó sobre la báscula mirando al frente y manteniendo los brazos relajados a cada lado de su cuerpo y para la talla la ubicación fue de espaldas a la barra de medición solicitando una inspiración profunda y sostenida mientras se tomaba la medición con el propósito de mantener la postura erguida y alcanzar su máxima talla. El cuestionario PAQ-C fue diligenciado por cada participante.

Para la cirtometría se tuvieron en cuenta dos niveles de medición: axilar (tercer espacio intercostal y quinto proceso espinoso torácico) y xifoideo (apófisis xifoidea y décimo proceso espinoso torácico). Para realizar la maniobra se ubicó a cada sujeto en posición bípeda, con los brazos relajados a los costados, los niños con el tórax desnudo y las niñas con un top strapless, se demarcaron los referentes anatómicos anteriores y posteriores, después se acomodó la cinta métrica sobre los referentes pidiéndole al sujeto que realizará una máxima espiración seguida de una máxima inspiración. Finalmente se registró en centímetros la diferencia entre los diámetros obtenidos en los dos movimientos. Se realizaron un total de tres intentos con 10 segundos de diferencia entre ellos y se eligió el mejor valor.

Para el TC6M se siguieron los parámetros establecidos por la ATS (American Thoracic Society, 2002; Holland et al., 2014), la prueba es válida y confiable en niños sanos (Gatica et al., 2012; Li et al., 2005). Se utilizó una superficie plana con una longitud de 30 metros, delimitada al inicio y al final. Antes y después de la prueba se evaluó la frecuencia respiratoria, presión arterial, saturación de oxígeno y frecuencia cardíaca, además se evaluó la percepción de disnea con la escala de Borg. Todas las

indicaciones se dieron en un lenguaje de fácil entendimiento para los niños.

El estímulo estandarizado fue dado por la misma persona (“lo estás haciendo bien, te queda 5 minutos”; “sigue con el buen trabajo, te quedan 4 minutos”; “lo estás haciendo bien, estás a mitad de camino”; “sigue con el buen trabajo, te quedan solo 2 minutos”; “lo estás haciendo bien, solo le queda 1 minuto”) (American Thoracic Society, 2002; Holland et al., 2014).

Consideraciones éticas

El estudio fue avalado por el comité de ética de la Institución Universitaria Escuela Nacional del Deporte (memorando 4,1 17.03.142), y se realizó de acuerdo a los lineamientos de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de la Protección Social de Colombia y la Declaración de Helsinki.

Se garantizaron todas las medidas de seguridad para la aplicación de los instrumentos de medición y se entregó a cada acudiente del participante un formato de consentimiento informado donde se describía de manera detallada el propósito del estudio, riesgos, beneficios, procedimientos, duración de las intervenciones, garantía de la confidencialidad y las circunstancias bajo las cuales se terminaría la participación en el estudio. A su vez los niños aprobaron su participación mediante el asentimiento informado.

Análisis de los datos

Los resultados obtenidos fueron analizados en el software estadístico STATA 14®. Se utilizó la prueba de Shapiro Willk para comprobar la normalidad de las variables. Para la estadística descriptiva, las variables se presentaron en promedios y desviación estándar. Para analizar las diferencias entre sexos se utilizó la prueba Chi Cuadrado y Prueba de Pearson.

Las diferencias por grupos de edad se analizaron mediante la prueba ANOVA y ANOVA no paramétrico. Finalmente, con el propósito de evaluar la correlación de la cirtometría con la capacidad aeróbica funcional se utilizó la correlación de Pearson (r) o Spearman (r_s) de acuerdo con la normalidad de las variables. La correlación se



consideró muy débil si r o r_s era $< 0,30$, débil con r o r_s entre $0,30$ y $0,50$, moderada con r o r_s entre $0,50$ y $0,70$, y buena con r o r_s $> 0,70$ (Mukaka, 2012). Las diferencias se consideraron significativas con un valor $p < 0,05$.

RESULTADOS

La edad media fue de $9,6 (\pm 1,1)$, en su mayoría fueron de sexo femenino (71,2%) y con un IMC normal para la edad (50,7%). En cuanto a la movilidad torácica, la cirtometría axilar presentó una media de $6,0 (\pm 2)$ cm y la cirtometría xifoidea una media de $5,7 (\pm 1,8)$ cm. Respecto al NAF presentó una media de $3,1 (\pm 0,7)$, lo que indica un NAF alto ($> 3,0$), y una media de TC6M de $576,2 (\pm 52,8)$ metros recorridos (tabla 1).

Tabla 1. Descripción de la población por sexo, edad, medidas antropométricas, movilidad torácica, nivel de actividad física y capacidad aeróbica funcional

	Total = 73 n (%)
Niños	21 (28,8)
Niñas	52 (71,2)
Edad X (DE)	9,6 ($\pm 1,1$)
8 años	17 (23,2)
9 años	16 (21,9)
10 años	18 (24,6)
11 años	22 (30,1)
<i>Medidas antropométricas X (DE)</i>	
Altura (m)	1,4 ($\pm 0,1$)
Peso (kg)	38,6 ($\pm 11,8$)
IMC (kg/m ²)	18,6 ($\pm 3,1$)
<i>IMC para la edad</i>	
Delgadez	0 (0)
Normal	38 (50,7)
Sobrepeso	27 (39,1)
Obesidad	8 (10,1)
<i>Cirtometría X (DE)</i>	
Axilar (cm)	6,0 (± 2)
Xifoidea (cm)	5,7 ($\pm 1,8$)
<i>NAF X (DE)</i>	
TC6M (m) X (DE)	3,12 ($\pm 0,7$) 576,2 ($\pm 52,8$)

IMC: Índice de masa corporal; NAF: nivel de actividad física; TC6M: test de caminata de 6 minutos; X: Media; DE: Desviación estándar

En el análisis por sexo, la cirtometría fue mayor para el sexo femenino. Las niñas tuvieron un promedio de cirtometría axilar de $6,7 (\pm 1,6)$ cm y cirtometría xifoidea de $5,9 (\pm 1,6)$ cm y los niños un promedio de cirtometría axilar de $4,0 (\pm 1,7)$ cm y cirtometría xifoidea de $4,2 (\pm 1,1)$ cm ($p = 0,000$ y $p = 0,000$ respectivamente) (tabla 2). Para la movilidad torácica

se observaron diferencias estadísticamente significativas en la cirtometría axilar y xifoidea, la cual se incrementa a medida que la edad aumenta hasta los 10 años y a partir de los 11 años descendiendo ($p = 0,015$ y $p = 0,039$ respectivamente) (tabla 3).

Agredando a lo anterior, el NAF de los niños no mostró diferencias significativas por sexo (tabla 2). En cuanto a la distancia recorrida en el TC6M no se evidenció diferencias significativas por sexo y por grupo etario (tabla 2) (tabla 3).

Tabla 2. Movilidad torácica, nivel de actividad física y capacidad aeróbica funcional del total de la población y por sexo

	Total n = 73	Niñas n = 52	Niños n = 21	p
<i>Cirtometría X (DE)</i>				
Axilar (cm)	6,0 (± 2)	6,7 ($\pm 1,6$)	4,0 ($\pm 1,7$)	0,000*
Xifoidea (cm)	5,7 ($\pm 1,8$)	5,9 ($\pm 1,6$)	4,2 ($\pm 1,1$)	0,000*
<i>NAF X (DE)</i>				
Bajo n (%)	6 (8,2)	6 (11,5)	0 (0)	0,100
Moderado n (%)	31 (42,5)	25 (48,0)	6 (35,2)	0,035
Alto n (%)	36 (49,3)	21 (40,3)	15 (64,7)	
TC6M X (DE)	576,2 ($\pm 52,8$)	580,3 ($\pm 51,5$)	569,1 ($\pm 61,9$)	0,460

NAF: nivel de actividad física; TC6M: test de caminata de 6 minutos; X: Media; DE: Desviación estándar.
* $p < 0,05$

Tabla 3. Descripción de la movilidad torácica, nivel de actividad física y capacidad aeróbica funcional por grupo de edad

	8 años n=17	9 años n=16	10 años n=18	11 años n=22	p
<i>Cirtometría X (DE)</i>					
Axilar (cm)	5,2 ($\pm 1,6$)	6,3 ($\pm 1,4$)	7,1 ($\pm 2,1$)	5,4 ($\pm 2,1$)	0,015*
Xifoidea (cm)	4,1 ($\pm 0,7$)	5,8 ($\pm 2,0$)	6,2 ($\pm 1,1$)	5,9 ($\pm 1,9$)	0,039*
<i>NAF X (DE)</i>					
Bajo n (%)	0 (0)	0 (0)	2 (11,1)	4 (18,1)	0,407
Moderado n (%)	9 (52,9)	7 (43,7)	6 (33,3)	9 (40,9)	
Alto n (%)	7 (47,0)	9 (56,2)	10 (55,5)	9 (40,9)	
TC6M X (DE)	550,02 ($\pm 34,85$)	582,5 ($\pm 56,7$)	575,38 ($\pm 47,71$)	592,5 ($\pm 60,36$)	0,148

NAF: nivel de actividad física; TC6M: test de caminata de 6 minutos; X: Media; DE: Desviación estándar.
* $p < 0,05$

Al analizar la correlación entre las variables, no se observaron correlaciones significativas entre la cirtometría (axilar y xifoidea) y el NAF. Por el contrario, la cirtometría xifoidea tuvo una correlación directa y significativa con la distancia recorrida en el TC6M ($r_s = 0,31$; $p = 0,007$), para el total de la población (tabla 4) (gráfica 1).



En el análisis por sexo, para el sexo femenino se observó, una correlación significativa de la cirtometría xifoidea con la distancia recorrida en el TC6M ($r_s= 0,30$; $p= 0,026$) y para el sexo masculino se mostró una correlación débil, pero no significativa entre la cirtometría xifoidea y la distancia recorrida en el TC6M ($r_s= 0,30$; $p= 0,183$). La cirtometría axilar no tuvo correlaciones significativas con la distancia recorrida en el TC6M (tabla 4).

Tabla 4. Correlación de la movilidad torácica con las variables de nivel de actividad física y capacidad aeróbica funcional

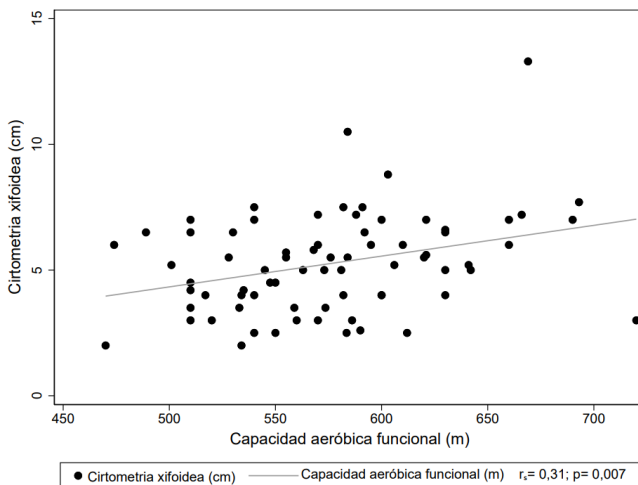
	NAF r_s (valor p)	TC6M r_s (valor p)
<i>Cirtometría axilar</i>		
Total n = 73	-0,06 (0,569)	0,09 (0,424)
Niñas n = 52	0,22 (0,103)	0,14 (0,321)
Niños n = 21	-0,22 (0,103)	- 0,22 (0,324)
<i>Cirtometría xifoidea</i>		
Total n = 73	-0,09 (0,400)	0,31 (0,007*)
Niñas n = 52	0,04 (0,733)	0,30 (0,026*)
Niños n = 21	-0,19 (0,394)	0,30 (0,183)

NAF: Nivel de actividad física; TC6M: Test de caminata de 6 minutos;

r_s : Coeficiente de correlación de Spearman

*p <0,05

Grafica 1. Correlación de la movilidad torácica con la variable capacidad aeróbica funcional



DISCUSIÓN

Este estudio que analiza la correlación entre la capacidad aeróbica funcional, la AF y la movilidad torácica en una población de niños sanos entre 8 y 11 años de Cali – Colombia, permitió evidenciar que la cirtometría xifoidea tuvo una correlación directa con la distancia recorrida en el TC6M. Además, se pudo

observar que la cirtometría axilar y xifoidea se incrementa a medida que la edad aumenta hasta los 10 años y a partir de los 11 años desciende. Las niñas tenían una movilidad torácica superior a los niños.

Como se ha indicado anteriormente, se han realizado escasas investigaciones sobre la movilidad torácica en población pediátrica. Al comparar los valores de cirtometría axilar y xifoidea de nuestro estudio, se observa que son mayores a los reportados en las investigaciones realizadas previamente.

En un estudio realizado en una población de niños brasileños de 7 a 11 años, Da Silva et al. (2012) reportó una cirtometría axilar de 4,75 ($\pm 1,56$) cm y cirtometría xifoidea de 5,00 ($\pm 1,59$) cm (Da Silva Raphaella Oliveira E., Fernandes Campos Tania, y De Oliveira Borja Raíssa, 2012); y Simón et al. (2006) evidenció una cirtometría axilar de 5,06 ($\pm 1,73$) cm y xifoidea de 4,93 ($\pm 1,80$) cm (Simon y Carpes, 2006).

Las mediciones difieren con los valores reportados en nuestro estudio probablemente por las características contextuales, sociodemográficas y económicas presentes en cada país; además, esta investigación consideró que era apropiado incluir niños desde los 8 hasta 11 años, debido a que a partir de esta edad se completa el desarrollo del parénquima pulmonar, vías aéreas y de los músculos que rodean la caja torácica, proporcionando mayor potencial de su expansión y mejor biomecánica torácica durante la inspiración (Davies, Helms, y Gordon, 1992; Simon y Carpes, 2006).

Así mismo, se tomó como referencia las medidas anatómicas estandarizadas del protocolo de cirtometría de Bockenbauer SE et al. (2007) (Bockenbauer et al., 2007). Por el contrario, Da Silva et al. (2012) y Simón et al. (2006) implementaron sus propios protocolos. Es importante mencionar que las referencias para valores normales de movilidad torácica todavía son escasas para población pediátrica (Da Silva Raphaella Oliveira E. et al., 2012).

Al analizar la movilidad torácica de acuerdo con el sexo se encontró que las niñas presentan una cirtometría axilar y xifoidea mayores que los niños. Los resultados de nuestro estudio difieren con Da Silva et al. (2012), en donde la cirtometría axilar en



niños tuvo un promedio de 5,0 ($\pm 1,6$) y la xifoidea de 4,8 ($\pm 1,5$) cm (Da Silva Raphaella Oliveira E. et al., 2012), esto puede fundamentarse porque se desconoce que hayan seguido la técnica de inspiración y espiración máxima con incentivo verbal. Además, en nuestro estudio, la muestra favorece al sexo femenino.

En el análisis por grupo etario, este estudio encontró que la movilidad torácica axilar y xifoidea se incrementa con la edad hasta los 10 años y a partir de los 11 años disminuye, similar al estudio en escolares brasileños (Da Silva Raphaella Oliveira E. et al., 2012).

Lo anterior puede ser explicado debido a que en la medida que se acerca la adolescencia, se presenta un fenómeno de desproporción entre el tamaño pulmonar y de las vías respiratorias. En las mujeres, el crecimiento de las vías respiratorias es proporcional al tejido pulmonar, y en los hombres se manifiesta con un número de alveolos menor en relación con el número de vías respiratorias. De este modo, los hombres poseen unas vías aéreas de conducción más largas que las mujeres, estando en desventaja durante el proceso de espiración durante la adolescencia, dando lugar a una mayor resistencia de las vías respiratorias (Talaminos Barroso, Márquez Martín, Roa Romero, y Ortega Ruiz, 2018).

Los escolares analizados presentaron un NAF alto ($>3,0$) (3,1 ($\pm 0,6$) puntos). Por grupos de edad, el NAF incrementaba en la medida que los niños aumentaban la edad, y disminuyó a los 11 años, lo cual indica que al iniciar la pubertad no están siendo lo suficientemente activos. Los hallazgos son consistentes con lo descrito sobre inactividad física en población escolar en las últimas décadas.

Actualmente, cerca del 80% de los adolescentes en todo el mundo no alcanzan los niveles recomendados de AF para su edad (Organización Mundial de la Salud, 2024), y en la Encuesta Nacional de Salud en Escolares (ENSE) 2018, realizado en Colombia, el porcentaje de adolescentes que siguen las recomendaciones de AF no supera el 15%. Además, aproximadamente uno de cada dos niños o adolescentes dedica tres o más horas diarias de su tiempo libre a actividades sedentarias, como ver televisión, jugar a videojuegos o conversar con amigos (Méndez Paz et al., 2023).

Para el total de la población se observó una correlación directa y significativa de las variables de cirtometría con la capacidad aeróbica funcional medida con el TC6M ($r_s = 0,31$). El sexo femenino tuvo correlación débil y significativa ($r_s = 0,30$). Situación contraria en los niños donde se encontró una correlación débil, pero no significativa. No se han encontrado estudios que correlacionen las variables estudiadas.

Pese a que el estudio de la correlación entre la capacidad aeróbica funcional, la AF y movilidad torácica es relativamente nuevo en la población pediátrica sana, se ha encontrado correlación de la capacidad aeróbica con otras variables de la función pulmonar.

Padkao et al. (2020) evidenció en una población de adultos sanos que tanto la PIM (presión inspiratoria máxima) como la PEM (presión espiratoria máxima) se relacionaron significativamente con la capacidad aeróbica ($p = 0,025$ y $p < 0,001$), a su vez, encontraron que la fuerza de los músculos respiratorios se asocia positivamente con la expansión de la pared torácica y movimiento diafragmático (Padkao y Boonla, 2020).

Por otra parte, Özgen et al. (2015) investigaron la capacidad aeróbica y su relación con variables de la función pulmonar en niños obesos y sanos. En las pruebas espirométricas, el volumen espiratorio forzado en 1 segundo (VEF1) y los flujos espiratorios forzados fueron menores en el grupo de obesos ($p = 0,048$ y $p = 0,047$, respectivamente). Hallaron que los factores más influyentes en la capacidad aeróbica son los volúmenes y capacidades pulmonares conservados, integridad de la distensibilidad de la pared torácica y el IMC para la edad (Özgen et al., 2015).

Estos hallazgos son importantes para nuestro estudio debido a que se evidenció que el 49,2% de los escolares se encontraba con un IMC para la edad de sobrepeso y obesidad. La obesidad infantil se asocia con disfunciones cardiovasculares, músculo esqueléticos y respiratorios (Herouvi, Karanasios, Karayianni, y Karavanaki, 2013). Específicamente en el sistema respiratorio, las disfunciones se asocian con una reducción general de los volúmenes pulmonares, deterioro de la función pulmonar, disminución de la capacidad aeróbica y un aumento



de los síntomas respiratorios (Herouvi et al., 2013; Özgen et al., 2015).

Se han encontrado investigaciones que han realizado análisis de correlación de la movilidad torácica con variables antropométricas como la talla, el peso, el IMC para la edad (Da Silva Raphaella Oliveira E. et al., 2012; Simon y Carpes, 2006; Tonguino-Rosero et al., 2020) y pruebas de la función pulmonar como la PIM y la PEM (Tonguino-Rosero et al., 2020).

Tonguino et al. (2020) encontró correlación de la cirtometría axilar con el peso ($r_s = 0,35$) y el IMC para la edad ($r_s = 0,31$), así mismo, la cirtometría xifoidea con el peso ($r_s = 0,24$) y la talla ($r_s = 0,22$) pero no hubo correlación entre la cirtometría y la PIM-PEM (Tonguino-Rosero et al., 2020); por lo tanto la cirtometría debería ser evaluada de manera rutinaria por los fisioterapeutas. Esto permitirá establecer metas cuantificables de avance en las intervenciones para pacientes con problemas cardiopulmonares.

Una de las fortalezas de la investigación es que permitió evidenciar una correlación que previamente no se había analizado en población de niños y esto es lo novedoso. Debido a la escasez de literatura sobre este tema, es imperativo que se continúe investigando este fenómeno. Aunque la correlación entre la cirtometría xifoidea y la capacidad aeróbica funcional medida con el TC6M fue débil, nuestros datos pueden proporcionar una comprensión de las relaciones entre esas variables.

Los autores señalan varias limitaciones en su investigación: la principal restricción fue que el estudio se realizó en una población universo pequeña. Por lo tanto, los resultados pueden no ser completamente representativos de una población más grande. Para futuras investigaciones, se recomienda tener en cuenta estas condiciones y aumentar el tamaño de la muestra con el objetivo de establecer ecuaciones de predicción en la población pediátrica colombiana. Asimismo, se sugiere incluir en la muestra a niños de estratos socioeconómicos bajos y de diversas etnias, como indígenas o afrodescendientes. Además, se debe correlacionar la movilidad torácica con otras pruebas de función pulmonar como la espirometría y la PIM-PEM.

CONCLUSIONES

Este estudio encontró que la cirtometría xifoidea es mayor en las niñas, además que la movilidad torácica aumenta con la edad, pero a los 11 años hay disminución de la misma, por otro lado, se encuentra que los niños de 11 años son menos activos, lo cual indica que los niños en esta etapa no están siendo lo suficientemente activos y su NAF es moderado. También se evidencia que la cirtometría xifoidea se correlaciona de manera directa con la capacidad aeróbica funcional en niños escolares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Pitti, J., Casajús Mallén, J. A., Leis Trabazo, R., Lucía, A., López De Lara, D., Moreno Aznar, L. A., y Rodríguez Martínez, G. (2020). Ejercicio físico como «medicina» en enfermedades crónicas durante la infancia y la adolescencia. *Anales de Pediatría*, 92(3), 173.e1-173.e8.
doi:10.1016/j.anpedi.2020.01.010
- American Thoracic Society. (2002). ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. 2002, 166, 111-117.
doi:10.1164/rccm.166/1/111
- Bockenbauer, S. E., Chen, H., Julliard, K. N., y Weedon, J. (2007). Measuring Thoracic Excursion: Reliability of the Cloth Tape Measure Technique, 107(5), 191-195.
- Caldeira, V. D. S., Starling, C. C. D., Britto, R. R., Martins, J. A., Sampaio, R. F., y Parreira, V. F. (2007). Precisão e acurácia da cirtometria em adultos saudáveis. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 33(5), 519-526.
doi:10.1590/S1806-37132007000500006
- Castañeda-Vázquez C, U., Corral-Pernía, J.A., S., y Chacón-Borrego, F. (2020). The association between physical activity and aerobic capacity in spanish students. 2020, 12(Supl 1), 31-38.
- Costa Oliveira KM, Fernandes de Macêdo TM, y R Oliveira Borja. (2011). Força Muscular Respiratória e Mobilidade Torácica em Crianças e Adolescentes com Leucemia



- Aguda e Escolares Saudáveis, 57(4), 511-517.
- Da Silva Raphaella Oliveira E., Fernandes Campos Tania, y De Oliveira Borja Raíssa. (2012). Reference values and factors related to thoracic mobility in Brazilian children, 4(30), 570-5.
- Davies, H., Helms, P., y Gordon, I. (1992). Effect of posture on regional ventilation in children. *Pediatric Pulmonology*, 12(4), 227-232. doi:10.1002/ppul.1950120406
- Dimitri, P., Joshi, K., y Jones, N. (2020). Moving more: physical activity and its positive effects on long term conditions in children and young people. *Archives of Disease in Childhood*, 105(11), 1035-1040. doi:10.1136/archdischild-2019-318017
- Garcia Júnior, A., Caromano, F. A., Contesini, A. M., Escorcio, R., Fernandes, L. A. Y., y João, S. M. A. (2013). Thoracic cirtometry in children with Duchenne muscular dystrophy - expansion of the method. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. doi:10.1590/S1413-35552012005000064
- Gatica, D., Puppo, H., Villarroel, G., San Martín, I., Lagos, R., Montecino, J. J., Lara, C., et al. (2012). Valores de referencia del test de marcha de seis minutos en niños sanos. *Revista médica de Chile*, 140(8), 1014-1021. doi:10.4067/S0034-98872012000800007
- Herazo-Beltrán, A. Y. (2012). Confiabilidad del cuestionario de actividad física en niños colombianos. *Revista de Salud Pública*.
- Herouvi, D., Karanasios, E., Karayianni, C., y Karavanaki, K. (2013). Cardiovascular disease in childhood: the role of obesity. *European Journal of Pediatrics*, 172(6), 721-732. doi:10.1007/s00431-013-1932-8
- Holland, A. E., Spruit, M. A., Troosters, T., Puhan, M. A., Pepin, V., Saey, D., McCormack, M. C., et al. (2014). An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 44(6), 1428-1446. doi:10.1183/09031936.00150314
- Jing, Z., Wang, X., Zhang, P., Huang, J., Jia, Y., Zhang, J., Wu, H., et al. (2023). Effects of physical activity on lung function and quality of life in asthmatic children: An updated systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1074429. doi:10.3389/fped.2023.1074429
- Li, A. M., Yin, J., Yu, C. C. W., Tsang, T., So, H. K., Wong, E., Chan, D., et al. (2005). The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *European Respiratory Journal*, 25(6), 1057-1060. doi:10.1183/09031936.05.00134904
- Malaguti C, Rondelli RR, Souza LM, Domingues M, y Dal Corso S. (2009). Reliability of Chest Wall Mobility and Its Correlation With Pulmonary Function in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease, 54(12), 1703-1711.
- Méndez Paz, F., Tonguino, S., y Ortega, D. (2023). Principales hallazgos e implicaciones en salud pública de la Encuesta Nacional de Salud Escolar (ENSE), Colombia 2017. *Colombia Medica*, 54(2), e2015402. doi:10.25100/cm.v54i2.5402
- Mukaka, M. M. (2012). Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research, 24(3), 69-71.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). Organización Mundial de la Salud (OMS). *Patrones de crecimiento infantil de la OMS. Midiendo el Crecimiento de un Niño*. Recuperado a partir de https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2009/Module_B_Final.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2024, 26). Actividad física. OMS. Recuperado a partir de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Özgen, İ. T., Çakır, E., Torun, E., Güleş, A., Hepokur, M. N., y Cesur, Y. (2015). Relationship Between Functional Exercise



Capacity and Lung Functions in Obese Children. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinology*, 7(3), 217-221. doi:10.4274/jcrpe.1990

- Padkao, T., y Boonla, O. (2020). Relationships between respiratory muscle strength, chest wall expansion, and functional capacity in healthy nonsmokers. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 16(2), 189-196. doi:10.12965/jer.2040080.040
- Prado, O. S., Marrón, L. F., y Pérez-Yarza, E. G. (2017). Evaluación básica de la función pulmonar en el niño colaborador, 1, 31-47.
- Simon, K. M., y Carpes, M. F. (2006). Assessment of healthy male children chest mobility by measuring the thoracic perimeter, 12(2), 6-12.
- Talaminos Barroso, A., Márquez Martín, E., Roa Romero, L. M., y Ortega Ruiz, F. (2018). Factores que afectan a la función pulmonar: una revisión bibliográfica. *Archivos de Bronconeumología*, 54(6), 327-332. doi:10.1016/j.arbres.2018.01.030
- Tonguino-Rosero, S., Rosero-Carvajal, H. E., y Betancourt-Peña, J. (2020). Fuerza muscular respiratoria y movilidad torácica en niños sanos. Relación con medidas antropométricas. *Fisioterapia*, 42(6), 286-294. doi:10.1016/j.ft.2020.05.005
- Tonguino-Rosero, S., Rosero-Carvajal, H. E., y Mondragón-Gómez, A. (2019). Valores de la movilidad torácica en niños colombianos sanos entre 8 y 11 años. *Fisioterapia*, 41(4), 213-218. doi:10.1016/j.ft.2019.02.009
- World Health Organization. (2024). BMI-for-age (5-19 years). *BMI-for-age (5-19 years)*. Recuperado a partir de <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>